

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODRŽIVI RAZVOJ

BORIS BAČAN

ELEKTRIČNI BICIKL

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2018.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODRŽIVI RAZVOJ

BORIS BAČAN

ELEKTRIČNI BIKIKL
ELECTRIC BICYCLE

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:
v.pred. Jurica Trstenjak

ČAKOVEC, 2018.

ZAHVALA

Ovim putem želio bih zahvaliti svojem mentoru, dipl.ing. Jurici Trstenjaku, te svim kolegama i prijateljima koji su izdvojili svoje slobodno vrijeme i na neki način pomogli prilikom izrade završnog rada.

SAŽETAK

U okviru pisanog i slikovnog dijela ovoga završnog rada objasniti će se postupak stvaranja ideje za izradu električnog bicikla, zatim sama osnova značenja bicikla, opisat će se i navesti dijelovi običnog i električnog bicikla te objasniti sam dizajn i izrada vlastitog električnog bicikla. Ideja provedbe ovog projekta proistekla je iz potrebe za prijevoznim sredstvom koje bi služilo za putovanje između kuće i radnog mjesta na način koji bi smanjio emisiju štetnih tvari koje proizvode klasična prijevozna sredstva kao što su automobil ili motocikl, a da postoji dostupan pogon koji nije ovisan o vozaču, odnosno nije potreban tjelesni napor kako bi se došlo do odredišta. U obzir će se uzeti tehničke specifikacije dvaju bicikala i njihove cijene te će se odabrati najbolji bicikl koji će najviše odgovarati izradi električnog bicikla. Odabrat će se električni motor i elektronika koja najviše odgovara specifikacijama bicikla. Opisati će se svaki dio električnih komponenti na biciklu i njihova funkcija. Nakon toga prikazati će se shema spajanja svih komponenti, izračun snage i udaljenost koju može prijeći električni bicikl. Prikazat će se 3D model komponente koji je potreban za smještaj baterije na bicikl. Detaljno će se pokazati postupak sastavljanja bicikla te će se u praksi isprobati potrošnja energije prilikom kretanja. Odabrani bicikl mora imati dobar prijenos kako bi se njime moglo upravljati ako se vozač želi kretati bez pomoći električne energije. Jedan od bitnijih faktora je težina koju trebamo maksimalno smanjiti prilikom izrade, ali to ne smijemo prekoračiti kako ne bismo smanjili jačinu konstrukcije bicikla. Kroz samu izradu projekta potrebno je naučiti nove vještine kako bi se izradili određeni dijelovi, a svaka bi se komponenta potom spojila u funkcionalnu cjelinu kako bi se dobilo vozilo koje nije u cijelosti proizašlo s industrijske linije, nego je ručni rad, unikat i služi svojoj svrsi – kao vozilo za prijevoz koje se može koristiti uz mali trošak i dobru efikasnost.

Ključne riječi: *bicikl, električni bicikl, tehničke specifikacije, 3D model, električni motor*

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 6 |
| 2. POVIJEST BIKIKLA | 7 |
| 3. SIGURNOSNI BIKIKL | 10 |
| 4. MODERNI BIKIKL | 11 |
| 5. OSNOVNE KOMPONENTE BIKIKLA | 12 |
| 5.1. Okvir | 13 |
| 5.2. Kotači | 13 |
| 5.3. Pogonski sustav | 14 |
| 5.4. Kočnice | 15 |
| 6. USPOREDBA KONSTRUKCIJA ZA IZRADU | 16 |
| 7. ODABIR ELEKTRONIKE | 18 |
| 8. OBRADA ZADATKA | 22 |
| 9. O ELEKTRIČNIM BIKIKLIMA | 23 |
| 10. BATERIJE I SHEMA SPAJANJA | 25 |
| 10.1. Spajanje baterije s ostalom elektronikom | 26 |
| 11. IZRADA KUTIJE/KUĆIŠTA ZA BATERIJU I ELEKTRONIKU | 28 |
| 12. LASERSKO REZANJE I SAVIJANJE METALA | 31 |
| 12.1. Proces rezanja laserom | 32 |
| 13. SAVIJANJE METALA | 34 |
| 14. KRAJNJA REALIZACIJA | 36 |
| 15. ZAKLJUČAK | 39 |
| 16. IZVORI | 39 |
| 17. SLIKE (IZVORI) | 40 |

1. UVOD

Kada čujemo riječ bicikl, prva nam je predodžba da je to stroj s kotačima i mehaničkim prijenosom putem kojeg vozač (korisnik) pokreće sam bicikl. Kada govorimo o klasičnom biciklu, tada mislimo na bicikl na dva kotača smještena na metalni okvir jedan iza drugoga. Na tom okviru je i lančanic na koji su smješteni lanac i pedale, koje služe za pokretanje bicikla, dok prednja vilica služi za njegovo usmjeravanje. Bicikl nam omogućava laku pretvorbu vlastite mehaničke energije u pokret koji je mnogo efikasniji od hodanja i troši manje prije spomenute energije, a dobiva se veća učinkovitost, odnosno, uz manji utrošak energije prelazimo veću udaljenost. Upotreba bicikla kao prijevoznog sredstva toliko je rasprostranjena da je broj bicikala na svjetskoj razini dvostruko veći od broja automobila, a prodaju se brzinom 2:1 ([8]<https://blogs.worldbank.org/publicsphere/cycling-everyone-s-business>, 10.9.2018). Razlog tolike popularnosti je njihova cijena, fleksibilnost, mali troškovi održavanja i široki raspon dostupnih modela. Bicikl može služiti kao sredstvo za rekreaciju, kao prijevozno sredstvo za posao, turizam (biciklističke kočije), sport itd. Jedna od najvećih prednosti bicikala je njihova upotreba u velikim gradovima gdje omogućuju brzi prolaz kroz prometom napučene prometnice, ne emitiraju štetne plinove te su, kao što je i prije spomenuto, ekonomičniji za korištenje u velikom gradu. Iz tog razloga mnoge mjesne vlade promoviraju korištenje bicikala kao sredstva javnog prijevoza.

2. POVIJEST BICIKLA

Ne postoji točno određeni datum niti pojedinac koji se smatra izumiteljem bicikala, već se većina povjesničara slaže oko toga da je u fazama dizajna do današnje verzije bicikla sudjelovalo više osoba, i to je vidljivo u prvim verzijama koje nisu ni pravi bicikli, nego su više pokušaji stvaranja nečega što je sličilo biciklu. Važno je napomenuti da su prve ideje i dizajni bili slični kočiji koju vuku konji te se može reći da su prvi izumitelji iz njih dobili inspiraciju tijekom stvaranja svojih izuma.

Prvo vozilo na dva kotača za koje postoje dokazi je takozvani draisienne (slika 1.), čiji je izumitelj Karl Freiherr von Drais iz Njemačke. On je 1817. svojim izumom prešao udaljenost od 14 kilometara i naredne je godine svoj izum predstavio na sajmu u Parizu. Vozilo je bilo izrađeno od drveta i kretalo se tako da ga je vozač gurao o pod, pa ga je iz tog razloga sam izumitelj nazvao Laufmaschine („trkaći stroj“), no kako je izum dobivao na popularnosti, imena kao draisienne i velocipede također su postala sve popularnija. Iako je Karl Drais imao patent za svoj izum, kopije su se uskoro počele proizvoditi širom Velike Britanije, Austrije, Italije, Sjedinjenih Američkih Država itd. Denis Johnson je 1818. godine kupio draisienne i patentirao je svoj poboljšani model nazvan „pedestrian curricule“. Naredne je godine proizveo tristotinjak primjeraka koji su postali popularni pod nazivom hobby-horses („hobi-konji“) te su sami vozači ponekad znali biti meta ruganja koristeći ih u javnosti. Sam dizajn nije bio siguran, i ako nije bilo glatke i ravne površine, vožnja ne samo da nije bila ugodna, nego i gotovo nemoguća. Izum je imao životni vijek od samo šest mjeseci, no on je doveo do daljnjeg razvijanja takozvanih velociped vozila s tri i četiri kotača tijekom narednih nekoliko desetljeća



Slika 1.

Izvor : slika 1, link A (10.8.2018)

([1]<https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

¹Karl Friedrich Christian Ludwig Freiherr Drais von Sauerbronn – njemački šumski službenik i izumitelj iz razdoblja Bidermajer

Postoje dokazi da je kovač pod imenom Kirkpatric Macmilan iz jugozapadne Škotske počeo proizvoditi velocipede koji su se pokretali pomoću pedala oko 1840. godine. Navodno je sa svojim izumom uspio proći udaljenost od 64 kilometra, no dokazi o tom pothvatu su upitni. Izumitelj pod nazivom Gavin Dalzell iz Lesmahagowa izradio je sličan velociped sredinom 1840-ih godina i navodno ga je koristio u svakodnevnom životu



Izvor : slika 2, link B (10.8.2018)

kao sredstvo prijevoza te je jedan takav model izložen u Muzeju prometa u Glasgowu (slika 2.). Samo vozilo ima drveni i metalni okvir s dugim „pedalama“ koje su spojene na zadnji kotač i tako pokreće stroj. Narednih je godina još nekoliko ljudi uspjelo izraditi vlastite velocipede koji su se kretali na sličan način. Neki od tih ljudi su Thomas McCall iz Škotske, koji je svoj stroj izradio u kasnim 1860-ima, i Alexandre Lefébver iz Saint-Denisa u Francuskoj, koji je svoj velociped uzeo sa sobom u Ameriku, gdje se još i danas nalazi u Muzeju San José u Kaliforniji. Iako su oba izumitelja izradila funkcionalne velocipede, nikada ih nisu komercijalno proizvodili te se smatra da nisu imali utjecaja na daljnji razvoj bicikla.

([1]<https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

Sama riječ bicikl ušla je u uporabu 1868. godine u Europi i zamijenila je riječ velocipede de pedale. Tada se sredinom 1860-ih počinju javljati prvi bicikli s pedalama na prvom kotaču, a jedan od prvih takvih bicikala za koje postoji dokaz izradio je mehaničar Pierre Lallement iz Francuske. On je svoj izum predstavio u Parizu 1863. godine još uvijek koristeći naziv velocipede. On je također, kao i mnogi drugi u to vrijeme, imigrirao u Ameriku gdje je usavršio i patentirao svoj izum 1866. godine, no usprkos tome proizvodnja nije počela te se Lallement vratio u Francusku. Godine 1868. francuska kompanija Michaux et Cie koja je proizvodila kočije, počela je proizvoditi velocipede koji su bili traženi na američkom tržištu. Vidjevši da se sličan izum dobro prodaje, Lallement je svoj patent prodao američkom biznismenu Calvinu Wittyju. Ti prvi bicikli imali su okvir od lijevanog željeza kako bi, ako bi potražnja porasla, proizvodnja bila lakša i brža. Pedale su bile smještene na prvom kotaču koji je imao raspon od 86 do 91 cm i bio je nešto veći od stražnjeg kotača (Slika 3.). Kompanija Michaux et Cie postala je pionir u proizvodnji velocipeda i privukla je pažnju Renea i Aimea



Izvor : slika 3, link C(10.8.2018)

Olivier, dvojice braće koji su svoje velocipede (naziv bicikl se koristi od 1868.) vozili od Pariza do Marseillea i time prešli više od 800 km. Braća su ubrzo razvila veliku ljubav prema novom sportu i odlučila su kupiti 69% udjela u kompaniji, što ih je koštalo 50 000 tadašnjih franaka. Proizvodnja se tada premjestila u veće tvornice i prvi modeli imali su okvir od kovanog željeza u obliku serpentine, no kasnije je dijagonalni okvir postao standard proizvodnje. Godine 1867. započela je ozbiljnija proizvodnja, čemu je pridonijela Pariška izložba i do 1868. velocipedi su bili iznimno traženi diljem Francuske. Te iste godine kompanija je patentirala svoj proizvod i prodaja je postigla rekordne visine unatoč relativno visokoj cijeni. Vidjevši uspjeh koji je proizvod dobivao, braća Oliviers 1869. preuzimaju kontrolu nad kompanijom i mijenjaju naziv iz Michaux et Cie u Compagnie Parisienne des Velocipeds. Narednih godinu dana proizvodnja je dospjela do dvjestotinjak velocipeda (sada već zvani bicikli) mjesečno i ubrzo je preko stotinjak francuskih kompanija počelo proizvoditi sličan proizvod. Kako je potražnja rasla, tako su se stvarali pomaci u poboljšanju ugodnosti u vožnji jer su željezni okvir i drveni kotač uzrokovali tim prvim modelima nadimak „boneshaker“ odnosno „kostotresac“. Iz tog razloga počeli su se koristiti tvrda guma i kotači s metalnim špicama te se tako počeo razvijati model koji će poprimiti nadimak „ordinary“ odnosno „običan“. Godine 1870. započeo je Francusko-njemački rat koji je oslabio francusku industriju. Iako je proizvodnja bicikla preživjela, veći pomaci u proizvodnji novih i boljih modela prebacili su se u Veliku Britaniju.

([1]<https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

Bicikl je od 1870. godine postao široko korišten i model „ordinary“ zamijenio je krute modele prošlosti. Bio je izrađen od šupljih metalnih cijevi, imao je kotače s tvrdom gumom i metalne špice te vilice koje su ležale na kugličnim ležajevima. Ti su dijelovi postali standard i godine 1871. James Starley je svojim dizajnom Ariel postavio standard proizvodnje bicikala „ordinary“. Njegov je dizajn imao prednji kotač u rasponu od 122 centimetra, dok je stražnji kotač imao raspon 72 centimetra. Njegovi su se dizajni poboljšali svakom iteracijom tijekom sljedećih desetak godina i time su Starleyu dodijelili nadimak „Father of the Cycle Trade“ (ocem trgovine biciklima). Zbog prije spomenutog francusko-njemačkog sukoba do 1874. centralna proizvodnja bicikala premjestila se iz Pariza u Coventry u Engleskoj, a Velika Britanija postala je vođa u razvoju i proizvodnji ulazeći u sljedeće stoljeće.

Dvije britanske tvrtke izložile su bicikle na Centennial Expositionu u Philadelphiji 1876. godine. Albert E. Pope, bostonski industrijalac, volio je ono što je vidio i počeo uvoziti britanske bicikle ordinary. Godine 1880. Pope Manufacturing Co. izradila je model pod imenom Columbia, kopiju britanskog modela Duplex Excelsior. Bio je to početak američke industrije bicikala. Pedale na modelu bile su izravno spojene na prednji kotač, a brzina je bila ograničena brzinom pedaliranja i promjerom kotača. Veći prednji kotači omogućili su veću brzinu i sigurnost na lošijim cestama. Prednji kotač bio je od 102 do 152 cm u promjeru, ovisno o duljini noge vlasnika. Iako su ti visoki bicikli nosili ime ordinary, do 1890-ih pojam *Penny-farthing* počeo se vezivati uz njih, uspoređujući prednji kotač s velikim britanskim novčićem. Ordinary su obično težili oko 18 kilograma, ali su također postojali i modeli za utrke koji su težili svega 7 kilograma. Ordinary bicikli (slika 4.) bili su veoma nesigurni jer je sam postupak silaženja i penjanja na bicikl bio zahtjevan i vozač je trebao imati iskustva, a i problem je bio što je sam vozač sjedio iznad prednjeg kotača i postojala je velika šansa da kod naglog kočenja ili sudara sleti glavom preko bicikla. Sam bicikl uglavnom su koristili mladi muškarci dobre tjelesne spreme koji su pripadali gornjoj i srednjoj klasi jer zbog svoje relativno visoke cijene nije bio pristupačan ostalima.



([1]<https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

3. SIGURNOSNI BIKIKL

Kao što je običaj bio u razvoju, brojni dizajni pružali su sigurnije alternative, uključujući tricikle. To su bili takozvani sigurnosni bicikli. Stražnji kotači upravljani lančanicom koristili su se na triciklu i prototipu bicikala tijekom 1870-ih. Hans Renold izmislio je valjkasti lanac u Manchesteru 1880. godine. Time je poboljšana pouzdanost i olakšan razvoj sigurnosnog bicikla. Bitne značajke sigurnosnog bicikla bile su kotači s promjerom od 76 centimetara, stražnji kotač s lančanicom, pri čemu je prednji lančanik otprilike dvostruko veći od stražnjeg lančanika, nisko središte gravitacije i izravni prednji upravljač.



Slika 5. bicikl Rover

Sigurnosni bicikli imali su prednost u stabilnosti, kočenju i jednostavnosti montaže. Prvi bicikl koji je sadržavao sve prije spomenute osobine i koji je bio prihvaćen na tržištu bio je Rover Safety (slika 5.) koji je dizajnirao John Kemp Starley (nećak Jamesa Starleya) 1885. godine. Prije 1885. mnogi su alternativni dizajni nazvani sigurnosnim biciklima, ali nakon što je Rover model preuzeo tržište krajem 1880-ih, sigurnosni bicikli napokon uzimaju naziv bicikl. Godine 1888. John Boyd Dunlop, škotski veterinar koji je živio u Belfastu, uveo je pneumatsku gumu. To je omogućilo ugodniju vožnju u odnosu na prijašnje tvrde gume. Do 1893. gotovo svi novi bicikli imali su pneumatske gume, što je znatno povećalo njihovu popularnost. Standardizirani dizajn generirao je bicikl boom u Velikoj Britaniji, Sjedinjenim Američkim Državama i Europi. Godine 1895. u Britaniji je proizvedeno više od 800.000 bicikala, a do 1899. godine u Sjedinjenim Državama napravljen je više od 1,1 milijun bicikala. Veliki broj žena također se pridružio novoj kulturi biciklizma, čime on postaje slika ženskog pokreta. No, kako se tržište u početku proširivalo, tako je i s vremenom došlo do pada te se cijena bicikla drastično smanjila, a time i prouzročila bankrot mnogih proizvođača. Pad cijena i potražnje povezuje se s pojavom automobila, ali i s pojavom javnog prijevoza kao što je tramvaj, koji je bio odlična alternativa biciklu, pogotovo za lošeg vremena.

([1]<https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

4. MODERNI BIKIKL

Nakon 1900. godine napravljene su bezbrojne prilagodbe u materijalima, dizajnu okvira i dijelovima, ali osnovni dizajn bicikla ostao je gotovo statičan. Najznačajnije tehničko poboljšanje bilo je višestruka brzina zupčanika. Nakon što je William Reilly dobio patent za dvostruku brzinu, 1896. godine zupčanici su postali značajka deluxe bicikala u Velikoj Međimursko veleučilište u Čakovcu

Britaniji. Do 1913. tvrtka Sturmey-Archer je godišnje proizvodila 100.000 zupčanika s trima brzinama. Francuski biciklisti su eksperimentirali s različitim mehanizmima s više brzina, a 1920-ih godina izmjenjivači zupčanika, koji su pomicali lanac s jednog reda na zupčanicu u drugi, postali su široko korišteni u Francuskoj. U nadolazećim godinama američko tržište bicikala bilo je više usmjereno na ljude slabijeg imovinskog statusa ili one koji nisu mogli voziti automobil jer se kultura automobila izrazito proširila u tim godinama. U to vrijeme tržištem su prevladavali glomazni bicikli povećane težine i nisu bili pretežno ugodni za vožnju. Za vrijeme Drugoga svjetskog rata vojnici su u Europi otkrili lagane modele bicikala i vrativši se s bojišta, donijeli su svoj „ratni plijen“ kući te se tako polako počeo razvijati novi dizajn bicikla koji će uskoro preplaviti tržište i razvit se u mnoge inačice čiji modeli postoje i dan-danas. Još jedna velika promjena bila je kreacija brdskog bicikla koji je sa sobom doveo nove inovacije u obliku disk-kočnica, opruga za ublažavanje udaraca te mnoge druge.

([1]<https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)



Izvor : slika 6, slika 7, slika 8, link F(10.8.2018)

5. OSNOVNE KOMPONENTE BIKIKLA



Izvor : Slika 9, link G(10.8.2018)

5.1. Okvir

Kada govorimo o okviru bicikla, većina ih je izrađena od čelika s malim udjelom ugljika (čelik slabije kvalitete) kako bi se smanjila proizvodna cijena jer okvir čini veliki dio samog bicikla (kada govorimo o utrošenom materijalu). Za okvire bolje kvalitete rabe se bolji materijali kao što su aluminij ili titan, kompoziti ugljičnih vlakana i mnoge druge legure metala. Najpoznatiji dizajn samog okvira je takozvani dijamant koji se sastoji od dva trokuta sastavljena od šupljih cijevi. Gornji, veći trokut sadrži gornju cijev (eng. *top tube*), donju cijev (eng. *down tube*) i cijev sjedala (eng. *seat tube*) koja povezuje veći s manjim trokutom i služi kao cijev za sjedalo te je zajednička oboma trokutima. Donji se trokut sastoji od prije spomenute cijevi sjedala, cijevi koja nosi kočnice i cijevi lanca. Na spoju manjeg trokuta nalazi se stražnji zglob na kojem je mjenjač bicikla, i prednji zglob na kojem se nalaze pedale kojima pokrećemo zupčanike na kojima je lanac. Uz stražnji dio okvira pun okvir čine i prednje vilice na koje se priključuje prednji kotač i upravljač, odnosno ruče. Ne postoji nekakav potpuno standardizirani oblik okvira i svaki okvir ovisno o kvaliteti može imati više dodataka kao što su disk-kočnice, opruge i drugo.



Izvor: slika 10, link H (10.8.2018)

([1]<https://www.britannica.com/technology/bicycle> 15.6.2018)

5.2. Kotači

Kotači bicikla sastoje se od obruča, u koji se smješta guma i zračnica, te špica koje povezuju taj obruč sa središnjim zglobovom u kojem se nalaze kuglični ležajevi na koje je povezana vilica okvira. Špice kotača služe za održavanje kružnog oblika obruča, a time i mobilnosti bicikla. Na središnjem zglobovu nalaze se vijci ili zglobna poluga kojom se kotač montira na okvir. Ovisno o veličini rame, varira i promjer samog kotača, a on može biti od 14 do 27 inča²

²Inč – mjerna jedinica za duljinu, 1" = 2,54 cm odnosno 36–69 centimetara. Standard brdskog bicikla je 26 inča, dok je kod klasičnih cestovnih bicikala 27 inča. Ovisno o kompleksnijim izvedbama bicikla, ti brojevi variraju, ali se ne smatraju standardom. Također se u obzir uzima i širina obruča kotača koja u standardnim izvedbama varira od 2 do 4 centimetra uz postojanje iznimaka. Nadalje, ovisno o tipu bicikla i gumi koju on koristi, razlikuje se i dubina kanala samog obruča bicikla te način na koji se guma osigurava na okviru (rubna zakačka, sam tlak kotača, ljepilo). Isto kao i kod okvira, obruč se izrađuje od različitih materijala koji variraju u cijeni i kvaliteti, ovisno o vrsti bicikla (aluminij, kompoziti, čelik). Važan dio kotača kao cjeline su gume koje su izrađene od više slojeva i različitih materijala te dizajnirane tako da bi zadovoljile veliki broj primjena, od trkaćih bicikala s glatkim dizajnom kako bi se ostvarilo što manje trenje, pa sve do guma brdskih bicikala koje moraju biti izdržljive i šireg promjera te imati grublji oblik radi boljeg prianjanja uz površinu. I na kraju, sam zrak u gumama zadržan je dvjema vrstama ventila: Presta i Schrader. Schrader ventili jednaki su onima koji se nalaze na automobilima, dok su Presta ventili specifični za bicikle.

([1] <https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

5.3. Pogonski sustav

Od samih početaka njihova postojanja bicikli, odnosno njihovi inženjeri, stvarali su mnogo vrsta pogonskih sustava, no ni jedan nije doživio uspjeh lančanog pogona. Uz pomoć mjenjača brzina takav sustav je primjenjiv na promjenjivom terenu jer omogućuje vozaču promjenu brzine kako bi se prilagodio usponu ili kvaliteti ceste kojom vozi. Promjena brzina odvija se uz pomoć mjenjača brzina na prednjim i stražnjim zupčanicima. Današnji,

Slika 11. Mjere kotača



Izvor: slika 11. link I (10.8.2018)



Izvor: Slika 12, link J (10.8.2018)

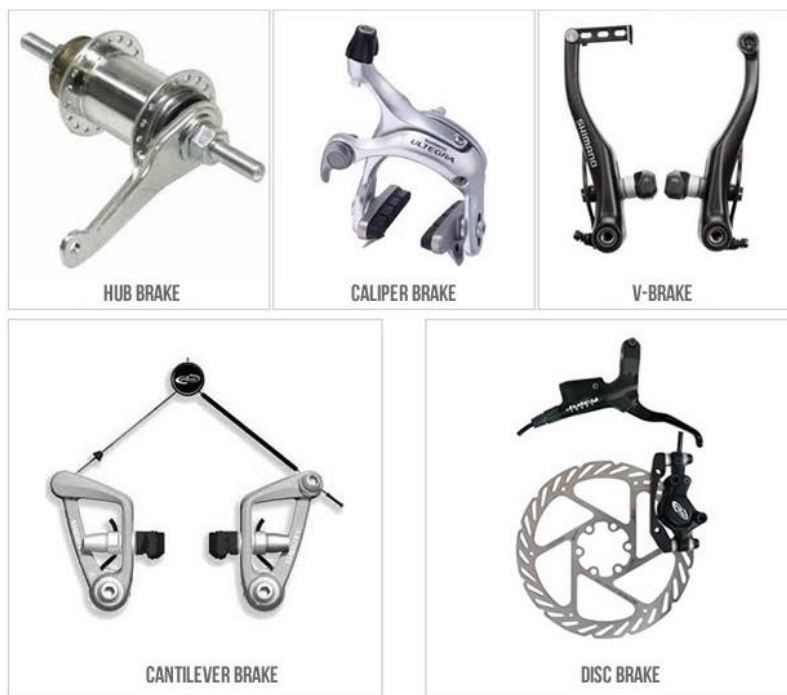
moderni bicikli obično imaju izvedbe od 2, 3, 4, 5, 7 i 14 zupčanika na zadnjem kotaču i tri na okviru kod pedala, što im daje raspon 2-14 stupnjeva težine okreta uz tri stupnja promjene kroz zupčanike kod pedala.

([1] <https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

5.4. Kočnice

Kako pogonski sustav služi za pokretanje bicikla, tako kočnice omogućavaju vozaču da uspori ili potpuno zaustavi svoj bicikl. Ovaj koncept možda zvuči jednostavno i intuitivno, no kočnice bicikala razvijale su se kroz nekoliko koraka kako bi se dobili standardi koji se koriste danas. Jedna od poznatijih metoda kočenja je kontra-pedaliranje prilikom čega se stražnji zglobov potpuno blokira i time se kotač ne okreće. Još jedna od starijih metoda kočenja je metalni štap s gumenim krajem ovalnog oblika koji bi pritisnuo gumu i tako usporavao bicikl (nesiguran način kočenja). Jedna od poznatijih vrsta kočnica su kočnice koje se nalaze na vilicama i stražnjem trokutu okvira. Pomoću ručica i metalne sajle pritišću se dvije plastične pločice uz rub metalnog obruča kotača i tako usporavaju bicikl. Razvojem brdskog bicikla razvile su se i disk kočnice koje su danas izrazito popularne i rade na sličnom principu kao i prije

Slika 13. Kočnice



Izvor: slika 13, link K (10.8.2018)

spomenute kočnice s plastičnim pločicama, no ovdje postoji metalni disk u sredini kotača i kućište u kojem se nalaze dvije pločice (različiti materijali u uporabi: metal, keramika i drugi). Pritiskom ručke kočnice na upravljaču ovisno o izvedbi (žica, ulje i drugi) isto kao i kod automobila vrše pritisak na centralni disk, a trenje uzrokuje kočenje.

([1] <https://www.britannica.com/technology/bicycle>, 15.6.2018)

6. USPOREDBA KONSTRUKCIJA ZA IZRADU

Konstrukcija A :

- Model bicikla naziva : **CINZIA 28" CRYSTAL MAN 21B MATT BLACK**
- Prodajna cijena : 2.699,00 HRK
- Cijena kod kupnje: 2000,00 HRK

Specifikacije:

| | |
|------------------------|--|
| Okvir | Trekking |
| Vilica | Hi Ten Oval Tig |
| Volan | Trk Alu Regolabile Nero |
| Gripovi / Traka volana | Pvc Marrone |
| Stražnji mjenjač | Shimano Ty-21 |
| Ručice mjenjača | Shimano Revo Shift RS-36 21 Speed |
| Kočnice | Alluminio V-Brake |
| Pogon | Shimano Alluminio Tx-801 28-38-48x170 mm |
| Obruči / Kotači | Alluminio Anodizzato 36 Raggi |
| Vanjske gume | Trk 700X35 Nero |
| Pedale | Trk Sport Marrone |
| Sjedalo | Bassano NS99 Sky Marrone |
| Cijev sjedala | Alluminio Black 250 mm |
| Blatobrani | Plastica Nero |
| Svjetla | A Batteria |
| Nogar | Alluminio |
| Težina | Kg 15.20 |

Konstrukcija B:

- Model bicikla naziva: **Wheeler bicikl Cross Lite 6.3**
- Prodajna cijena: 4.699,00 HRK

Specifikacije:

| | |
|------------------|--|
| Brzine | 27 SPEED |
| Okvir | 6061 ALLOY P/G MAIN TUBES WITH 1 1/8" INTEGRATED HEAD TUBE, TOP AND DOWN WITH HYDRAUFORM TUBES |
| Veličine rame | 48,52,56,60 |
| Vilica | "SUNTOUR SF14-NEX-RL-P700C COIL SPRING W/REMOTE SPEED LOCK OUT PRELOAD ADJUST 63MM TRAVEL." |
| Ležaj vilice | PT-1800AT STEEL AHEAD SET INTEGRATED 1 1/8"X8PCS WITH ALLOY CAP |
| Volan | MTB-AL330BTFOV EN-C ALLOY 6061 RAISE BAR R:30MM BARBORE 31.8 BEND 10 WIDTH:600W |
| Lula volana | MTS-C268-5FOV ALLOY ADJUST STEM BARBORE 31.8 ANGLE:0-60 |
| Gripovi | WBP WI-1167LB |
| Kočnice | TEKTRO DRACO DISC BRAKE F / R: 160MM ROTORS |
| Ručice kočnica | TEKTRO DRACO |
| Obruči | DM-241 700CX32HX14G ALLOY D/B WALL, A/V |
| Žbice | STAINLESS STEEL 14G |
| Prednja naba | SHIMANO HB-RM33 / 32H OLD: 100MM |
| Stražnja naba | SHIMANO FH-RM33 / 32H OLD: 135MM |
| Kaseta | SHIMANO CS-HG200 11-34T / 9-SPEED |
| Gume | CST C1313 700C X 38C BLACK WALL |
| Pogon | SHIMANO FC-171-A 48X38X28T |
| Osovina pogona | VP-BC73 CARTRIDGE |
| Prednji mjenjač | SHIMANO ALTUS FD-M370 |
| Stražnji mjenjač | SHIMANO ALIVIO RD-T4000 SGS SHADOW DESIGN / 9-SPEED |
| Ručice mjenjača | SHIMANO ALTUS SL-M370 |
| Lanac | KMC X9 |
| Pedale | MARWI SP-931S |
| Sic | WBP MAN: FM-5103 |
| Seat Post | WBP SP-C373 EN-C DIA:31.6 |

Cjenovna razlika konstrukcija: Konstrukcija B / Konstrukcija A = 4.699,00 / 2.699,00 = 2000,00 HRK

Ušteda kod kupnje Konstrukcije A je 2000,00 HRK. Usprkos tome što Konstrukcija B nudi proizvod bolje kvalitete (bolji dijelovi), kupnjom Konstrukcije A uštedjet ćemo znatnu količinu novca koja će se uložiti u kasniju nabavu dijelova za izradu našeg prototipa, a i Konstrukcija A ipak nudi dobru podlogu za naš projekt.

7. ODABIR ELEKTRONIKE

Odabir A – kupljena komponenta :

Slika 14. Elektrokit Magic Pie Golden Motor



Izvor: Slika 14, link L (10.8.2018)

Elektrokit Magic Pie Golden Motor³ za 24"/26"/ 27,5"/ 28"/ 29" kotače:

Jedan od najboljih motora za električne bicikle na tržištu je od kanadskog proizvođača Golden Motor. Zahvaljujući pedeset i šest stalnih magneta postiže nevjerojatan okretni moment i pruža izvrsnu izvedbu od 500W do 1000W, ovisno o naponu. Ovaj motor će vas odvesti bilo kuda i to vrlo brzo (40-50km/h).

³Golden Motor – kompanija koja izrađuje i prodaje električna vozila i dijelove

Set ima i nekoliko drugih jedinstvenih značajki:

- aluminijski naplatci s dvostrukom stjenkom s nehrđajućim 2,3 mm žbicama
- ultra tanki dizajn – samo 60 mm, kompatibilan s konvencionalnim disk-kočnicama (6 rupa) 140-160mm – disk nije dio seta
- za 135 mm širine stražnje vilice, lančanic do 7 brzina
- regenerativno kočenje
- snaga 24V(500W) / 36V(750W) / 48V(1000W)
- mogućnost da odaberete veličinu naplatka od 24” do 28” (700C)

Težina: 6,5 kg, ručni gas (Throttle poluga), LED⁴ kontrola, ručice kočnice, vodootporno ožičenje IP54, buka: <60 (db)

Kit obuhvaća :

Motor za stražnji kotač s pripremom za disk kočnicu, ručni gas, ručice, LED Display, kontrolna jedinica, kablovi

Kit ne sadrži:

bateriju, PAS⁵ senzor za pedaliranje (+ 100 kn)

Cijena paketa: 2.800,00 HRK

⁴LED – light emitting diode, svjetleća dioda

⁵PAS – univerzalni senzor snimač za pedaliranje

Odabir B:

Slika 15. FREEDUCk2 Ducati Energy



Izvor: Slika 15, link M (10.8.2018)

Inovativni električni bicikl FREEDUCk2 najnoviji je proizvod tvrtke Ducati Energia koja je poznata po značajnim ulaganjima u istraživanja i razvoj novih tehničkih rješenja i proizvoda. Osnova tog inovativnog rješenja je zadnji kotač bicikla u kojem su integrirane sve električne i mehaničke značajke i koji predstavlja nevjerojatnu revoluciju u održivom biciklizmu. Integracija svih značajki kao što su baterija, električni motor i kontrolni mehanizam u zadnjem kotaču dozvoljava maksimalnu iskoristivost dinamičkih karakteristika vožnje. Korištenjem bicikla FREEDUCk2 vožnja postaje sasvim novo iskustvo u kojem tehnika i estetika zajedno otvaraju nove smjerove održive mobilnosti.

Neke od najvažnijih tehničkih karakteristika bicikla FREEDUCk2 su sljedeće:

- najveća brzina: 25 km/h
- najveći domet s jednim punjenjem: 60 km
- veličina rame: 540 ili 590 mm
- masa s baterijom: 14 kg
- vrijeme punjenja baterije: 3 h
- nazivna snaga: 250 W
- kapacitet baterije: 8,5 A h
- napon: 48 V
- materijal rame: aluminij
- upravljanje: tipka za 'on/off' montirana na kotaču sa svjetlećom diodom (LED)

- motor: integriran u tvrdo kućište na stražnjem kotaču
- baterija: ⁶litij-ionska, 446 W h, integrirana u tvrdo kućište na stražnjem kotaču
izdržava 1000 ciklusa
- izvedba bicikla: sportski, muški ili ženski

Cijena paketa: 6.500,00 HRK

Za izradu električnog bicikla na već postojećoj rami odabran je pogonski zadnji kotač i kroz prije prikazan Odabir A i B odabran je Odabir A, odnosno kit MagicPie 500-1000W Golden Motor II zbog pristupačnije cijene u koju ulaze sve osobine skupljeg modela, a specifikacije odgovaraju našem biciklu na koji se kupljeni kit tada instalira. Odabirom jeftinijeg modela ne prelazimo previše preko budžetnog stanja (ušteta od 2000,00 HRK kod kupovine bicikla).

⁶Litij-ionska baterija – pripada skupini punjivih baterija, tijekom pražnjenja litijevi ioni kreću se od negativne elektrode ka pozitivnoj

8. OBRADA ZADATKA

Cilj projekta je izrada električnog bicikla korištenjem klasičnog bicikla kao podloge (ne izrađuje se vlastiti model bicikla) na koju će se instalirati dijelovi koji su potrebni za električni bicikl: pogonski kotač, baterija i kontroler.

Prilikom izrade bit će potrebno konstruirati kutiju kućišta u kojoj će se nalaziti baterija i elektronika koja mora biti zaklonjena od elemenata kako ne bi došlo do nezgode ili kvara. Za izradu kućišta koristit ćemo CAD⁷ program Solidworks⁸.

Cilj koji želimo postići (specifikacije):

STVARNOST

| | |
|--------------------------|-------------|
| Maksimalna brzina: | 40km/h |
| Maksimalna snaga motora: | 1 kW |
| Domet: | 40 km |
| Maksimalna težina: | 45 kg |
| Maksimalna cijena: | 5200.00 HRK |

Ukomponirati bateriju i elektroniku u konstrukciju već postojećeg modela bicikla.

⁷CAD – dizajn potpomognut računalom, uporaba računala kroz proces dizajna i stvaranja dokumentacije

⁸SolidWorks – CAD software za dizajniranje modela uz mogućnost 3D pregleda

9. O ELEKTRIČNIM BICIKLIMA

Kada govorimo o električnom biciklu, potrebno je znati da postoje dva glavna tipa koja ovise o mjestu montaže motora, a to su: Hub motori, koji se nalaze u kotaču, i eng. *MID DRIVE* motori, koji su smješteni na okviru bicikla.

Ovisno o tipu, postoje i neke varijacije, pa tako postoje dvije različite vrste Hub motora: Hub motori s prijenosom i Direktni hub motori.

Hub pogon funkcionira na vrlo jednostavan način, što ga čini vrlo učinkovitim jer on nije ništa drugo nego elektromotor montiran direktno u kotač kao glavčina (eng. *hub*). Zbog dulje prisutnosti na tržištu veoma su popularni. Prednosti su to što su smješteni u kotaču, čime ne mijenjaju izgled samog bicikla, prijenos energije na kotač je direktan pa je motor veoma učinkovit i otporan na vremenske uvjete zbog zatvorenog dizajna. Imaju malen broj mehaničkih komponenti pa su male mogućnosti za kvar. Razlike između dviju varijanti su sljedeće: Hub motori s prijenosom su manji i lakši od direct drive hub motora slične snage. Ne pružaju

Slika 16. Direktni hub motor



Izvor: Slika 16, link N (10.8.2018)

nikakav otpor kada se ne koriste, dok se kod direct drive hub motora prilikom njihova nekorištenja odvija radnja regenerativnog kočenja, što znači da je motor cijelo vrijeme uključen, ali na taj način vraća određeni udio energije u bateriju. Hub motori s prijenosom imaju više pokretnih dijelova nego direkt hub motori te su glasniji prilikom korištenja i imaju nešto manji životni vijek. Nedostaci hub motora su: cijena, jer modeli veće snage znaju doseći visoku cijenu, zatim mogućnost pregrijavanja ako se koristi krivi kontroler i teško

Slika 17. Hub motor sa prijenosom



Izvor: Slika 17, link O (10.8.2018)

raspoznavanje kvalitetnijih proizvoda.

MID DRIVE motori, odnosno električni bicikli imaju prilagođeni okvir koji integrira motor oko eng. *bottom bracketa*. Takav dizajn dozvoljava korištenje brzina koje se nalaze na samome biciklu te se time može koristiti standardni pogon bicikla. Vozač tako može odabrati brzinu kojom će održavati okretaje bicikla, dok to kod direktnih hub motora nije moguće. Ova osobina nam omogućuje lakše korištenje električnog bicikla na usponima jer ne dolazi do

Slika 18. MID DRIVE motor

gušenja motora. Prilikom vožnje dobiva se dojam da vozite klasični bicikl s električnim motorom. Većinu vremena služi kao pomoć vozaču, dok je kod eng. *direkt hub* motora korištenje električnog motora kao vožnja motorom na unutarnje sagorijevanje, odnosno motor



proizvodi sam pokretni **Izvor: Slika 18, link P (10.8.2018)**

moment. Prednost MID DRIVE motora su laki popravci na biciklu jer je motor integriran u okvir, a nedostatak je to što može doći do brzog trošenja lanca jer se preko njega prenosi snaga na kotač, čime se opterećuje lančanik. Korištenjem MID DRIVE motora vozač može odabrati hoće li bicikl voziti u konfiguraciji eng. *PEDAL ASSIST MODE* kada se motor aktivira jedino preko okretanja pedala i pomaže vozaču tijekom vožnje, ili vozač odabere eng. *THROTTLE ASSIST MODE*, a time se bicikl ponaša kao klasični motocikl – okrećući ručicu gasa, bicikl se kreće.

[3] <https://www.xplorerlife.hr/blog/huv-vs-mid-drive/>, (16.6.2018)

10. BATERIJE I SHEMA SPAJANJA

Baterija je kao komponenta najbitniji dio bicikla jer bez nje električni motor i kontroler nemaju nikakvog učinka, budući da služe za čuvanje energije potrebne za pokretanje prije spomenutih komponenti, a time i samog bicikla. U projektu bi se u teoriji mogla koristiti bilo koja vrsta baterije, ali je iz praktičnih razloga važno koristiti bateriju čije specifikacije imaju što veći kapacitet u odnosu na masu same baterije, jer bi veća masa baterije značila da troši više energije za pokretanje vlastite mase.

Usprkos tome, većina električnih bicikala koristi olovne baterije ili litij-ionske baterije. Olovne baterije imaju nisku cijenu, ali kratak vijek trajanja i poprilično su teške, što predstavlja prije spomenuti problem odnosa težine i kapaciteta. Korištenje litij-ionskih



Slika 19. Baterija

baterije u većem je porastu jer su najlakše i najefektivnije. Tijekom korištenja, električni bicikl postiže prosječnu brzinu 15–30 km/h i pritom ima domet 15(50???)–60 km, ovisno o brzini kojom se krećemo. Kako bi se točno odredilo koliki je domet bicikla pri određenoj brzini vožnje, potrebno je izračunati sam domet bicikla. Prvo je potrebno naglasiti da prosječan električni bicikl ima snagu motora od 250 W do 1200 W na više (skuplji modeli).

Za izračune je potrebno znati pojmove:

Snaga u vatima (W) predstavlja snagu motora.

Napon u voltima (V) predstavlja potencijal baterije (veći napon – više snage) koje od električnih bicikala imaju prosječnu vrijednost napona 24V ili 48V.

Amper-sati (Ah) je mjerna jedinica kapaciteta energije koja prikazuje koliko ampera baterija daje u jednom satu te u prosjeku varira od 10 do 20 Ah.

Vat-sati (Wh) je mjerna jedinica pohranjene energije u vat-satima i može se izračunati na način da se pomnoži napon s amper-satima. Uzevši za primjer bateriju s naponom od 24V s 15 Ah dobije se pohranjena energija u iznosu od 360 Wh. Prosječan električni bicikl troši od 8 do 16 Wh energije po prijeđenom kilometru, ovisno o terenu kojim se vozi. Uzevši u obzir taj broj, sada se može izračunati domet koji se može postići.

[7] <https://www.ebikekit.com/blogs/news/electric-bike-batteries-explained> , (20.6.2018)

| Tablica 1. | Povoljan teren | Zahtjevan teren |
|---|----------------|-----------------|
| $A(\text{Vat-sati}) = (24\text{V} \cdot 15\text{Ah})$ | 360 Wh | 360 Wh |
| $B(\text{Vat-sati po km})$ | 8 Wh/km | 16 Wh/km |
| Domet ($A \div B$) | 45 km | 22,5 km |

Dakle, domet električnog bicikla ovisi i o nekolicini faktora. Ovisno o tim faktorima možemo pretpostaviti koliku udaljenost će prevaliti prije novog punjenja. Istom metodom kao u proizvoljnom primjeru (tablica 1.), izračuna se prosječan domet koji će postići električni bicikl. Navedeni bicikl ima bateriju napona 48 V sa 17.6 Ah i snagu motora od 1 kW te se time dobiva 844.8 Wh. Navedeni električni bicikl troši puno više ampera po satu nego standardni bicikl. Na isti način kao i prije izračunava se domet:

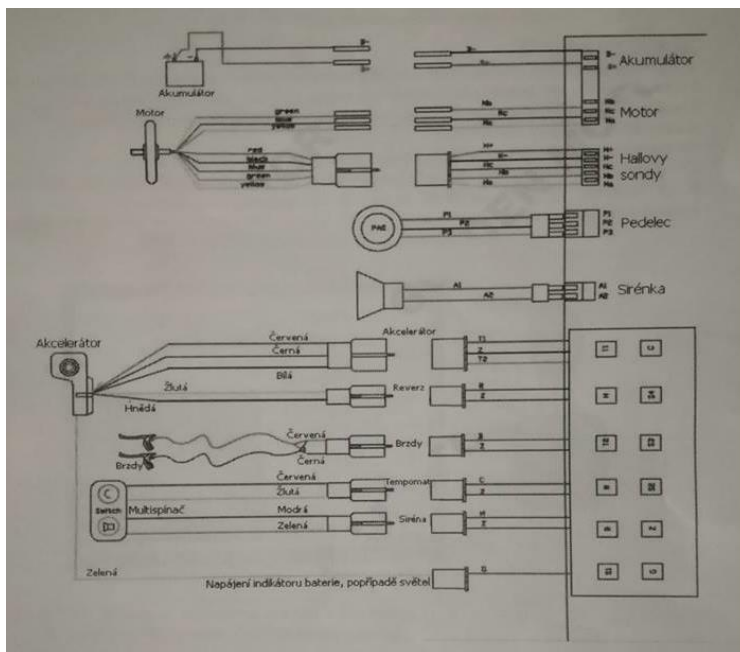
| Tablica 2. | Povoljan teren | Zahtjevan teren |
|---|----------------|-----------------|
| $A(\text{Vat-sati}) = (48\text{V} \cdot 17.6\text{Ah})$ | 844.8 Wh | 844.8 Wh |
| $B(\text{Vat-sati po km})$ | 16 Wh/km | 25 Wh/km |
| Domet ($A \div B$) | 52.8 km | 33.7 km |

10.1. Spajanje baterije s ostalom elektronikom

Kako bi sva elektronika ispravno radila, potrebno je pratiti upute koje prikazuju kako je potrebno prvotno spojiti svu elektroniku na kontroler (Slika – Shema spajanja kontrolera) i

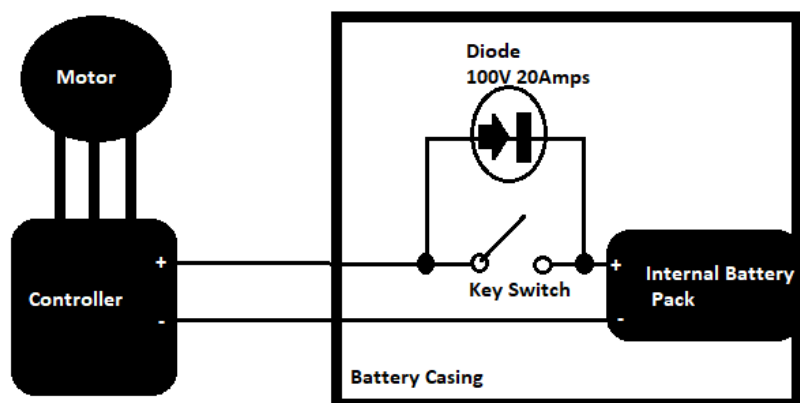
zatim kako sve spojiti u jednu funkcionalnu cjelinu (Slika – Shema električnih komponenti bicikla) koju čine kontroler, baterija i motor.

Slika 20. – Shema spajanja kontrolera



Izvor: autor

Slika 21.– Shema električnih komponenti



Izvor: autor

Ovime je prikazano kako se komponente spajaju u teoriji te se vidi kako bi to trebalo izgledati u praksi. Sljedeće slike ukratko prikazuju kako se to provelo u stvarnosti.



Slika 22. kontroler

Izvor: autor



Slika 23. spojen kontroler

Izvor: autor

Spajanje

Ostalo spajanje vrši se jednostavnim spajanjem utičnica, što nije potrebno ilustrirati.

11. IZRADA KUTIJE/KUĆIŠTA ZA BATERIJU I ELEKTRONIKU

Kod izrade modela bilo je potrebno dizajnirati kućište u koje će biti smještena elektronika i baterija kako bi se zaštitila od elemenata. Tijekom izrade koristili smo CAD sustav SolidWorks.

CAD/CAM/CAPP/CAE sustavi

To su sustavi koji ubrzavaju razvoj, analizu, redizajniranje modela i donošenje odluka o pravim rješenjima kako bi se postigla optimalna rješenja koja zadovoljavaju sve zadane zahtjeve, a sve to uz minimalnu cijenu i što veću kvalitetu.

CAD (eng. *Computer Aided Design*)

CAD je program koji koristi kompjutersku grafiku za razvoj, analizu i izmjenu tijekom postupka izrade, odnosno oblikovanja proizvoda. CAD alat ili aplikacija je bilo koja aplikacija koja sadrži računalnu grafiku i koja je prilagođena inženjerskim funkcijama u procesu samog dizajna. CAD aplikacije mogu biti različite te mogu varirati od geometrijskih alata za manipulaciju oblicima do alata za vizualizaciju rezultata koje analiziramo. Osnovna konfiguracija CAD sustava je: ulazna jedinica (miš, tipkovnica, i dr.), obrada (PC računalo s operacijskim sustavom i CAD aplikacijom) i izlazna jedinica (crtič, pisac).

CAM (eng. *Computer Aided Manufacturing*)

CAM je računalno podržana priprema za proizvodnju i obuhvaća prevođenje projektnih informacija u tehnološke informacije te proizvodnju s različitim razinama automatizacije. Ta proizvodnja ostvaruje se uz pomoć različitih tipova NC (eng. *Numerical Control*) i CNC (eng.

Computer Numerical Control) strojeva kao što su CNC glodalica, CNC bušilica i mnogi drugi strojevi slične namjene. Budući da je CAM oblik proizvodnje oblik koji koristi računala, postoji CAD baza podataka koja je uska integracija između CAM i CAD sustava i iz koje tada CNC strojevi uzimaju geometrijske predloške za proizvodnju proizvoda koji se nadopunjuju ručnim unosima od strane operatora samog CNC stroja.

CAPP(eng. *Computer Aided Project Planning*)

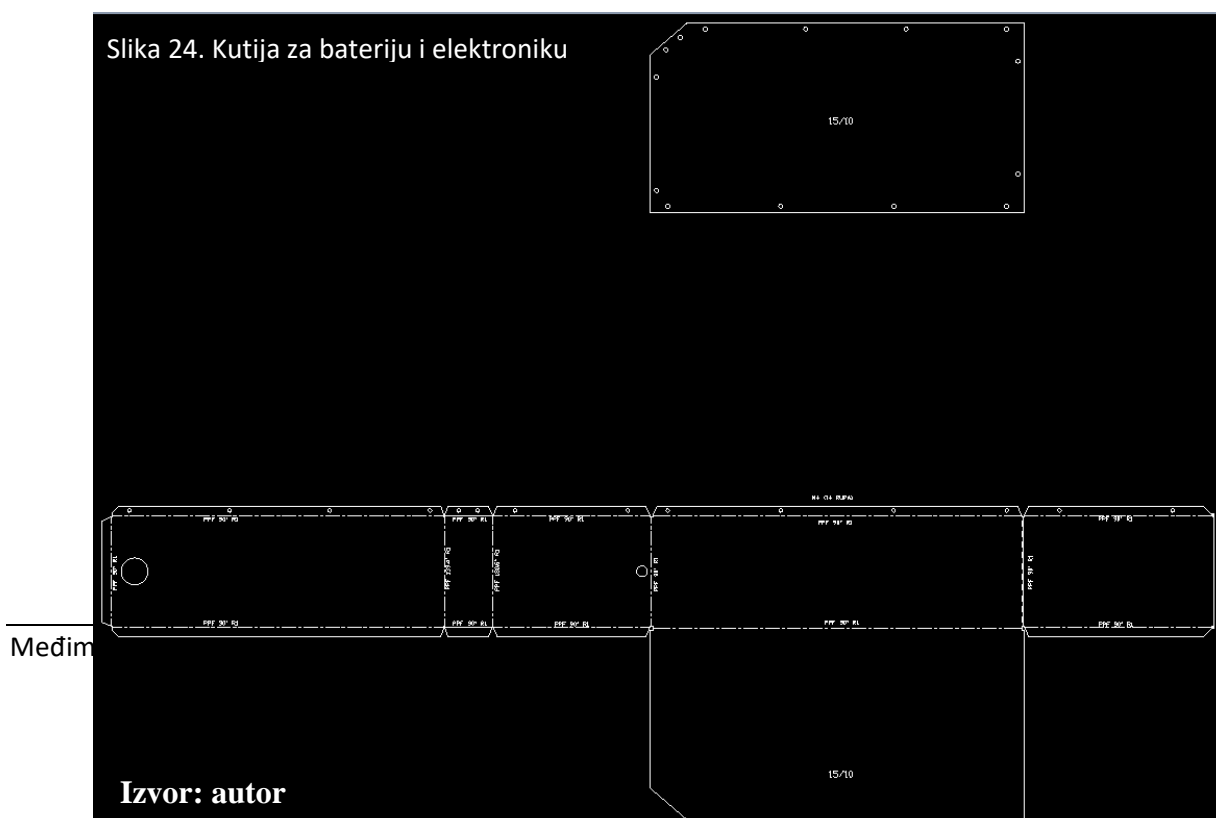
CAPP je oznaka za skup računalno podržanih aktivnosti koje pojednostavljaju rad projektanta tehnološkog procesa. CAPP predstavlja most između projektiranja, odnosno on spaja dizajn (CAD) i proizvodnju (CAM)

CAE (eng. *Computer Aided Engineering*)

CAE označava tehnologiju koja obuhvaća upotrebu računalnih sustava za analizu CAD geometrije i kreiranje modela kako bi se simuliralo kako će se proizvod ponašati u stvarnoj izvedbi, kako bi ga se moglo modificirati i optimizirati. CAE izvršava analizu i testiranje statičkog, dinamičkog i toplinskog ponašanja projektnog dijela te optimizaciju strukture kako bi se izradio proizvod u skladu sa zadanim planom.

[4] <http://cadalati.blogspot.com/2010/12/cadcamcappcae.html>, (16.6.2018)

Slika 24. Kutija za bateriju i elektroniku



Slika 24. prikaz je kutije koja je nacrtana u programu SolidWorks, a na slici su prikazane sve specifikacije o dužini i širini same kutije koja će se kasnije izrezati pomoću laserskog rezača i postupkom savijanja oblikovati u funkcionalnu jedinicu u koju će se montirati ostale komponente te će na kraju biti montirana na bicikl.

12. LASERSKO REZANJE I SAVIJANJE METALA

Nakon dizajniranja kućišta u CAD aplikaciji potrebno ga je izvesti u stvarnom svijetu i za to je potrebno pojasniti postupke rezanja i savijanja metala iz kojeg će se izraditi samo kućište.

Lasersko rezanje

Lasersko rezanje upotrebljava se za rezanje velikog broja materijala, sve od nehrđajućeg čelika (inox) pa do aluminijskih limova. Ovisno o postupku i materijalu koji se reže, lasersko rezanje je najekonomičnija opcija te se danas ta tehnologija sve više unaprjeđuje kako bi se poboljšala kvaliteta i ekonomičnost rezanja. Postoje tri osnovne metode laserskog rezanja metala i drugih materijala, a one su:

- Lasersko rezanje taljenjem
- Lasersko rezanje kisikom
- Lasersko rezanje isparavanjem

Prije samog početka rezanja potrebno je kalibrirati stroj na zadane parametre kako bi se postigla što veća preciznost, a time bi se i uštedjelo na iskorištenosti materijala. Svi industrijski laseri koji se koriste pokrenuti su CNC tehnologijom, što omogućuje lako podešavanje, a operator koji obavlja rezanje treba samo podesiti kretanje glave laserskog rezača i kretanje metala (ili nekog drugog materijala) koji se reže. Uz osnovno podešavanje operator po potrebi treba podesiti mješovito kretanje. Kretanje metala i miješano kretanje označava se s X i Y, dok se kretanje lasera označava sa Z. Prilikom rezanja koje se odvija kretanjem materijala, glava lasera je nepomična, dok je kod miješanog rezanja riječ o kombinaciji kretanja lasera i materijala koji se reže. Posljednja vrsta rezanja je kretanje glave, pri čemu je materijal nepomičan, miruje, i ta verzija je najbrža.

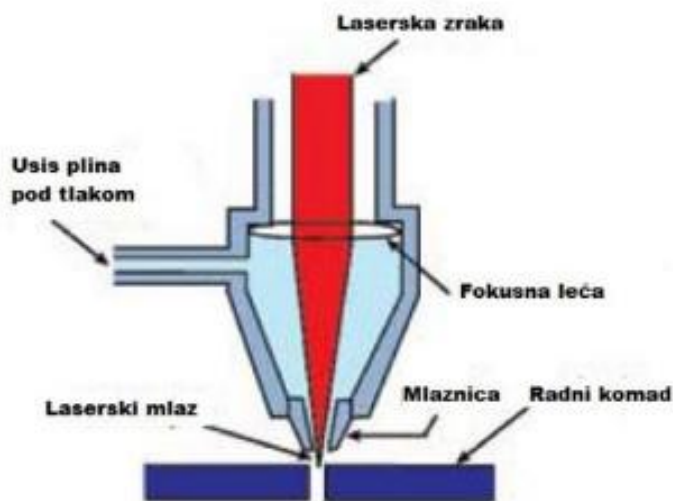
12.1. Proces rezanja laserom

Laserska zraka je mlaz energije visoke snage koji se fokusira na jednu poziciju na materijalu koji se reže. Kod CO₂ laserskog rezanja sama zraka je dio spektra infracrvene svijetlosti te je nevidljiva ljudskom oku. Na početku rezanja zraka putuje od laserskog rezonatora i usmjerava se zrcalima prema mlaznicama.

Nakon što pođe kroz mlaznicu,

zraka udara u materijal koji se reže i nakon nekoliko trenutaka probija kroz materijal i time započinje rezanje. Lasersku zraku moguće je fokusirati pomoću specijalnih leća, odnosno zrcala koja se nalaze u glavi laserskog rezača. Fokusiranjem zrake na malu površinu ta površina se drastično zagrijava i dolazi do točke u kojoj započinje taljenje. Pojednostavljeno prikazano, postupak laserskog rezanja sličan je onome kad se kroz leću usmjeri zraka sunca u određenu točku, što izaziva zagrijavanje te točke. Prilikom postupka rezanja upotrebljavaju se različite vrste inertnog plina čija je zadaća otpuhivanje rastopljenog materijala s površine koja se reže kako bi rez bio što kvalitetniji. Važna je i udaljenost glave lasera od materijala i ona uvelike ovisi o brzini i kvaliteti konačnog reza. Uz udaljenost, važna je i debljina same laserske zrake i ona se u pravilu kreće ispod 0,3 milimetra. Ovisno o snazi lasera i materijala, potrebno je do 15 sekundi da se probuši rupa u materijalu, a površina na koju se zraka fokusira izrazito je malih dimenzija – 0.025 mm².

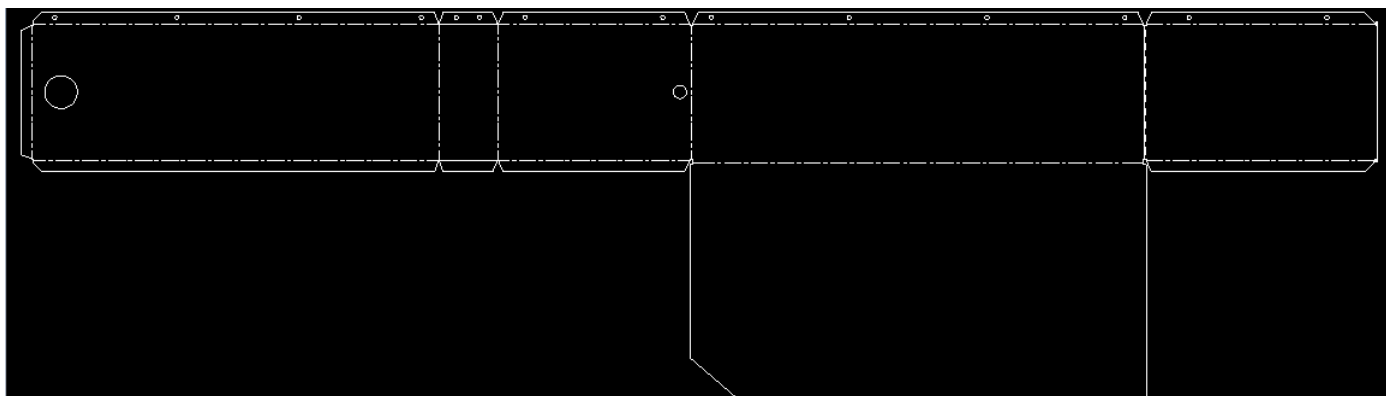
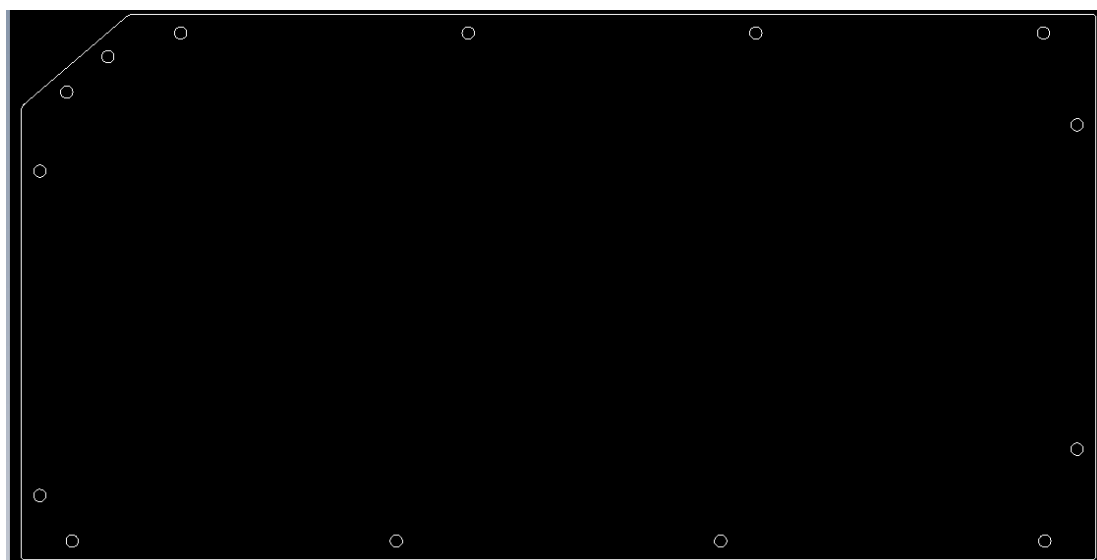
Slika 25. Glava laserskog rezača



IZVOR: Slika 25, link K(10.8.2018)

[5] <http://www.laser-ing.hr/blog/princip-rada-laserskog-rezanja-metala/>, (20.6.2018)

Sljedeće slike (Slika 26. i Slika 27.) prikaz su putanje kojom se kretao laserski rezač u koji je bila umetnuta shema kutije koja se ranije dizajnirala.

Slika 26. Putanja rezanja**Izvor: autor****Slika 27. Putanja rezanja****Izvor: autor**

13. SAVIJANJE METALA

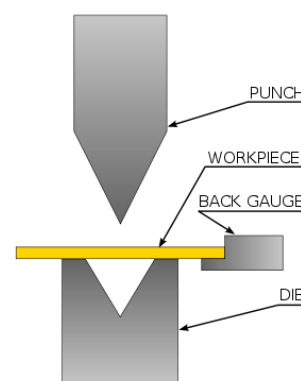
Tehnike koje se koriste kod savijanja limova su sljedeće: kružno, odnosno profilno savijanje, V savijanje limova, savijanje oslanjanjem, savijanje u trima točkama i ostale vrste savijanja. Ovisno o zadatku, odabire se druga metoda kako bi se zadatak odradio što kvalitetnije. Za savijanje limova koriste se strojevi koji se dijele na hidrauličke, pneumatske i servo-električne savijače. Uz prije spomenute također postoje ručni savijači lima koji koriste ljudsku snagu kako bi se oblikovao lim. Ovisno o debljini lima koriste se prije spomenuti savijači limova, za deblje profile koriste se hidrauličke savijače, a za tanje profile pneumatske i servo-električne savijače.

Postupci detaljnije:

V savijanje lima

- Jedno je od češće primijenjenih vrsta savijanja. Proces savijanja sastoji se od djelovanja žiga na lim koji se pritišće prema matrici. Matrica ne treba biti istih dimenzija kao i žig jer je kut savijanja određen samom elastičnošću lima. Nedostatak korištenja ove metode je mogućnost mehaničkih napuknuća lima i mala preciznost u usporedbi s drugim tehnologijama.

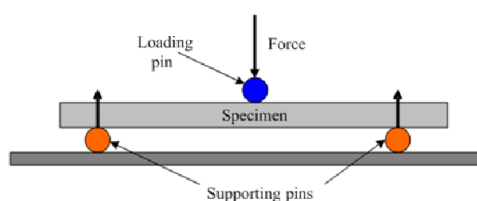
Slika 28. V savijanje



Savijanje u trima točkama

- Ova vrsta savijanja koristi pomoćnu matricu koja može prilagođavati svoju visinu, a pokrenuta je servo motorom te se ova metoda koristi kada je potrebna veća preciznost kod izrade. Ovo je jedna od novijih metoda i nije toliko korištena zbog visoke cijene izrade.

Slika 29. Savijanje u trima točkama



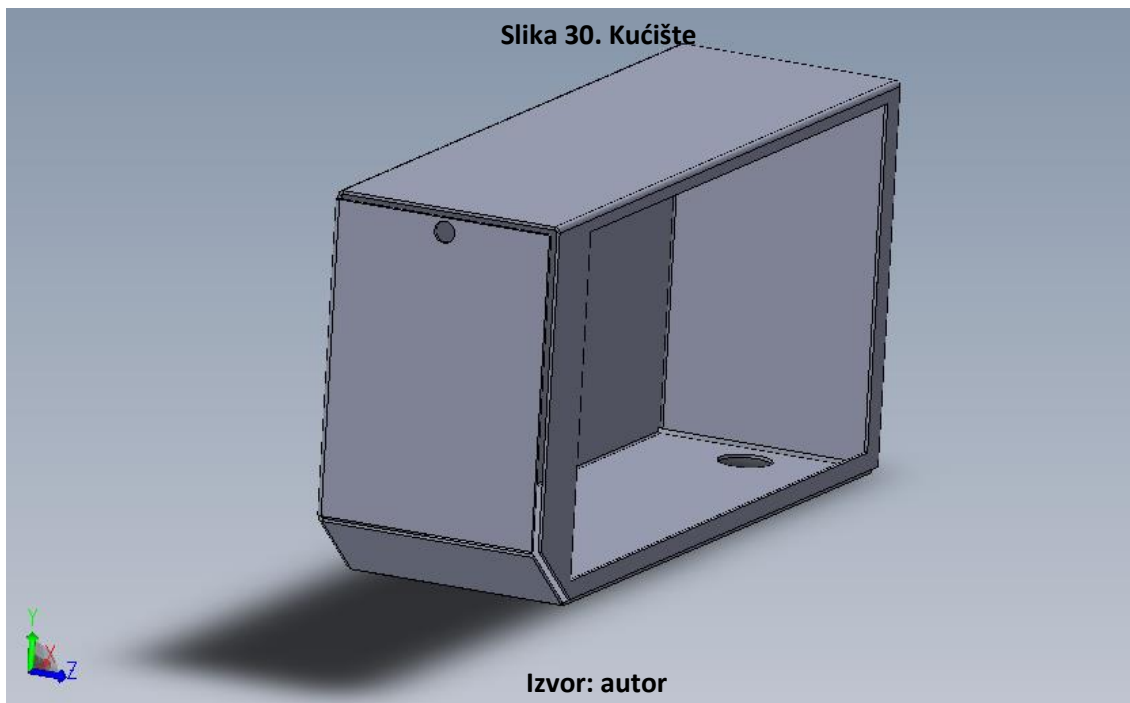
Izvor: Slika 29, link T (10.8.2018)

Savijanje oslanjanjem

- Stroj za savijanje sastoji se od žiga i matrice, no kod ove metode žig u potpunosti pritišće lim u matricu i time je krajnji izgled lima definiran korištenom matricom. Sila koja je potrebna za savijanje lima ovisi o radijusu i time što je manji radijus, potrebna je veća sila za savijanje.

Uz ove metode postoji još velik broj metoda koje se mogu koristiti, a koja će se metoda koristiti, uvelike ovisi o preciznosti, elastičnosti i veličini metalne ploče koje se savija.

Nakon završenog rezanja i savijanja, krajnji rezultat trebao bi biti sličan ovom prikazu:



Ovako je kutija izgledala prilikom prvog montiranja na bicikl :

Slika 31. Stvarana izvedba kućišta



Izvor: autor

14. Krajnja realizacija

Nakon svih prethodno navedenih postupaka dobiva se konačan proizvod, odnosno potpuno funkcionalan električni bicikl, čiji je stvaran domet prilikom normalnog korištenja približno 55 kilometara na punu bateriju. U kontroleru je programirano da prilikom korištenja bicikla baterija do polovice svojeg punjenja daje maksimalnu snagu pri maksimalnoj brzini, no kada razina kapaciteta baterije padne ispod 50%, tada motor gubi na snazi, ali se domet bicikla povećava, što ukratko znači da je ovaj bicikl optimiziran kako bi se dobio što veći domet.

Slika 32. Električni bicikl



Izvor: autor

Slika 33. Električni bicikl



Izvor: autor

Kada kontroler ne bi bio programiran na taj način, električni motor potrošio bi puni kapacitet baterije u kraćem vremenu i imao bi manji domet.

Kako bi se dokazala tvrdnja o udaljenosti koju električni bicikl može prevaliti, mora se provesti testiranje. Najučinkovitije testiranje bilo bi da se električni bicikl opteretiti na više načina. Potrebno je svaki puta punom baterijom opteretiti električni bicikl na više različitih uvjeta i terena. Odredivši putove koje će prijeći električni bicikl isključivo samo na pogon električnog motora s različitim brzinama, dobiveni su različiti rezultati koji su veoma važni.

| Vrsta terena | Samo ravan teren | Ravan i zahtjevan teren | Izrazito zahtjevan teren |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|
| Vožnja pod opterećenjem od 70 kg | 55 km | 40 km | 30 km |
| Vožnja pod opterećenjem od 100 kg | 54 km | 37 km | 25 km |

Testiranja su dokazala da je na ravnom terenu ovakav električni bicikl najekonomičniji. Nema prevelike razlike u potrošnji baterije prilikom vožnje po ravnom terenu. Sama izvedba bicikla napravljena je tako da snaga koju proizvodi električni motor prelazi odmah na kotač. U tom slučaju vidljiva je znatna razlika u potrošnji baterije te samim time i dometu bicikla kada se susretne s uzbrdicama. Nedostatak je taj što nema prijenos snage prvo na zupčanike, a nakon toga na kotač. Uočeni su nedostaci, ne samo u znatnom gubitku snage na usponu, nego i problemi sa grijanjem motora pri takvom opterećenju. Električni motor u sebi ima rebra koja prilikom okretanja kovitlaju zrak koji hladi namotaje motora. Prilikom uspona troši više energije koja ga zagrijava, no gubi okretni moment kotača zbog izvedbe te samim time gubi optimalan broj okretaja kako bi se pravilno hladio.

Na zadnjem testiranju uz izrazito zahtjevan teren mora se napomenuti da je uložen i ljudski napor pri većim usponima jer bi električni bicikl stao. Stoga udaljenost od 30 km, odnosno 25 km nije točna nego je teoretski i manja ako se izuzme pomoć čovjeka. Nakon izvršenog testiranja može se utvrditi da je željeni cilj koji smo si zadali, uspješno postignut.

15. ZAKLJUČAK

U današnjem svijetu sve se odvija vrlo brzim tempom, i kako bismo bili ukorak sa svime što se oko nas događa, često se koristimo standardnim obrascima koji pomažu slijediti taj ritam, rijetko se tko okuša u nečemu novome. Ovakva ideja i njena provedba nešto su što nije standard, nego pokušaj stvaranja nečega od samog početka, što zahtijeva veliko strpljenje, znanje i trud. Ovaj projekt primjer je takve ideje o stvaranju nečega što se odvaja od rutine. Riječ je o postupku dizajniranja, nabave materijala i njegovog sastavljanja u funkcionalni uređaj, u ovom slučaju vozilo. Potrebno je iskoristiti sve prethodno naučene vještine i svladati nove vještine, da bi se kroz dugi rad na projektu uspjelo doći do cilja, u ovom slučaju električnog bicikla kućne izrade koji svojom funkcionalnošću konkurira, a u nekim je aspektima čak i superiorniji od sličnog proizvoda koji se može pronaći u trgovini. Na kraju projekta potrebno se zapitati je li se sav trud isplatio, opravdava li stvoreno vozilo svojom kvalitetom i funkcionalnošću prethodno uloženi trud i novac?

Uzevši u obzir ukupno utrošeno vrijeme i resurse, sam se projekt u ovom slučaju isplati jer je konačni proizvod adekvatan za osobnu upotrebu, tj. vožnju do radnog mjesta i natrag, a dobiveno iskustvo u samoj izradi moguće je primijeniti u nekim predstojećim projektima.

16. IZVORI:

- A. [1] Trgovina bicikala - <https://keindl-sport.hr/cinzia-28-crystal-man-21b-matt-black-proizvod-24884/> , dostupno: (15.6.2018.)
- B. [2] Povijest, dijelovi- <https://www.britannica.com/technology/bicycle>, dostupno: (15.6.2018.)
- C. [3] Pogon- <https://www.xplorerlife.hr/blog/huv-vs-mid-drive/>, dostupno: (16.6.2018.)
- D. [4] CAM/CAD - <http://cadalati.blogspot.com/2010/12/cadcamcappcae.html>, dostupno: (16.6.2018.)
- E. [5] Lasersko rezanje - <http://www.laser-ing.hr/blog/princip-rada-laserskog-rezanja-metal/>, dostupno: (20.6.2018.)
- F. [6] Savijanje lima - <http://www.laser-ing.hr/blog/tehnike-nacini-savijanje-limova/> , dostupno: (20.6.2018.)
- G. [7] Baterija - <https://www.ebikekit.com/blogs/news/electric-bike-batteries-explained> , dostupno (20.6.2018.)
- H. [8] Broj bicikala - <https://blogs.worldbank.org/publicsphere/cycling-everyone-s-business>, dostupno (10.9.2018.)

17. Slike (izvori):

A. **Slika 1** :Draisienne, izvor:

https://www.google.hr/search?q=draisienne&safe=active&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjX0a_11-LcAhWIAAsAKHflADesQ_AUICigB&biw=958&bih=954 (10.8.2018.)

B. **Slika 2**: Velocipede, izvor:

https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=wKBtW5G9MuXB6ATF-o2ADA&q=Gavin+Delzell+velociped&oq=Gavin+Delzell+velociped&gs_l=img.3...20458.27524.0.27633.14.14.0.0.0.131.1115.9j3.12.0...0...1c.1.64.img..3.0.0...0.N0aeINg-J0w (10.8.2018.)

C. **Slika 3**: Velocipede, izvor:

https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=3aBtW4XGCcrp6AS-h5DwAg&q=front+wheel+velociped&oq=front+wheel+velociped&gs_l=img.3..35i39k1.1010402.1014940.0.1015000.21.21.0.0.0.123.1974.11j9.20.0...0...1c.1.64.img..1.20.1971...0j0i30k1j0i19k1j0i8i30i19k1j0i8i30k1.0.Lf-WHnTiDj8#imgsrc=NhXOJTAYB-POyM: (10.8.2018.)

D. **Slika 4**: Ordinary bicikl, izvor:

https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=0qVtW8CVIYOXsAeAgYfQCA&q=ordinary+bycicle&oq=ordinary+bycicle&gs_l=img.3...16913.21908.0.22025.16.15.0.1.1.0.186.1688.2j12.14.0...0...1c.1.64.img..1.9.1063...0j35i39k1j0i30k1j0i10i19k1j0i5i30i19k1j0i10i24k1.0.is9oyu1taF0#imgsrc=AWeDARlYvw6BMM: (10.8.2018.)

E. **Slika 5**: Rover bicikl, izvor:

https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=6aVtW5GqDZLTsAf7-ICQDQ&q=rover+bicikl&oq=rover+bicikl&gs_l=img.3...53016.55154.0.55294.12.12.0.0.0.249.1411.0j6j2.8.0...0...1c.1.64.img..4.7.1170...0j35i39k1j0i67k1j0i19k1j0i10i19k1j0i30i19k1j0i5i30i19k1j0i5i30k1j0i8i30k1.0.Ad2hz7HYY5k#imgsrc=K-y2309M5tE1rM: (10.8.2018.)

F. **Slika 6, Slika 7, Slika 8:** Tipovi bicikla, izvor:

https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=8rhtW76uPIWSsAe-yLb4Bw&q=bicikli&oq=bicikli&gs_l=img.3..0l10.12081.13209.0.13373.7.6.0.1.1.0.13.591.3j3.6.0...0...1c.1.64.img..0.7.600...35i39k1j0i67k1.0.1hkD-vJJWyo
(10.8.2018.)

G. **Slika 9:** Osnovne komponente bicikla, izvor:

<https://www.britannica.com/technology/bicycle> (10.8.2018.)

H. **Slika 10:** okvir, izvor :

https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=grptW8-BIpCUkwXP7ov4CA&q=diamond+frame+bycycle&oq=diamond+frame+bycycle&gs_l=img.3...1164.3059.0.3185.8.8.0.0.0.117.702.7j1.8.0...0...1c.1.64.img..0.2.209...0i19k1j0i30i19k1j0i8i30i19k1.0.f2tAgOhoqSs#imgsrc=rXRMpmjRypFCkM:
(10.8.2018.)

I. **Slika 11:** gume, izvor:

https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=hrptW7rwM9L7kwWtsJuYDw&q=bycycle+tire+size&oq=bycycle+tire+size&gs_l=img.3..0i10i24k1.190570.193810.0.193943.17.17.0.0.0.131.1560.15j2.17.0...0...1c.1.64.img..0.17.1554...0j35i39k1j0i67k1j0i10i19k1j0i19k1j0i10i30k1.0.3AVo_RZYio0#imgsrc=KzPIcJaRcQcF1M: (10.8.2018.)

J. **Slika 12:** Pogonski sustav, izvor: <https://bike.bikegremlin.com/wp-content/uploads/2015/06/bicycle-drivetrain.png?x31384>

(10.8.2018.)

K. **Slika 13:** kočnice, izvor: http://www.bike-advisor.com/wp-content/uploads/2013/01/choosing_a_city_bike_3.jpg

(10.8.2018.)

L. **Slika 14:** Elektrokrit Magic Pie Golden Motor, izvor: https://ebike.hr/wp-content/uploads/2017/02/800x600_main_photo_kitmagicpie.jpg

(10.8.2018.)

M. **Slika 15:** FREEDUCk2 Ducati energy, izvor: http://www.energetika-net.com/media/articles/nove_tehnologije/ducati-1.jpg

(10.8.2018.)

N. **Slika 16:** Direktni hub motor, izvor:

<https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=qsJtW-IgLLb6QS6p4yoBg&q=direct+hub+motor+for+bycycle&oq=direct+hub+motor+for>

[+bicycle&gs_l=img.3...62523.70082.0.70146.28.27.0.1.1.0.132.2309.23j3.26.0....0...1c.1.64.img..1.17.1521...0j35i39k1j0i67k1j0i30k1j0i19k1j0i5i30k1j0i8i30k1.0.OQkpX3NDorA#imgsrc=2IMemlPISMvcNM:](#) (10.8.2018.)

- O. **Slika 17:** Hub motor s prijenosom, izvor:

[P. **Slika 18:** MID DRIVE motor, izvor:](https://www.google.hr/search?safe=active&biw=958&bih=954&tbm=isch&sa=1&ei=tcNtW6qkM87SsAfxj6LADg&q=hub+motor+with+transmission+bicycle&oq=hub+motor+with+transmission+bicycle&gs_l=img.3...6731.15422.0.15578.34.33.0.1.1.0.112.2829.31j2.33.0....0...1c.1.64.img..0.15.1282...0j35i39k1j0i67k1j0i30k1j0i19k1j0i30i19k1j0i5i30i19k1j0i8i30i19k1.0.o2dTLJ72dRw#imgsrc=EZqQyybIeiTcvM:
(10.8.2018.)</p></div><div data-bbox=)

<https://turbobobbicycleblog.files.wordpress.com/2015/10/249-nomad-motor-right.jpg>
(10.8.2018.)

- Q. **Slika 19:** Baterija, izvor: [https://encrypted-](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQuX4BdJPvIRokHTYvZC3QvP49MxSorSwbB8hXBadZc2CTd1jHs)

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQuX4BdJPvIRokHTYvZC3QvP49MxSorSwbB8hXBadZc2CTd1jHs](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQuX4BdJPvIRokHTYvZC3QvP49MxSorSwbB8hXBadZc2CTd1jHs) (10.8.2018.)

- R. **Slika 25:** Glava laserskog rezača, izvor: <http://www.laser-ing.hr/wp-content/uploads/2016/09/ilustrirani-prikaz-lasera-za-rezanje-metala.jpg> (10.8.2018.)

- S. **Slika 28:** V savijanje, izvor: <http://www.laser-ing.hr/wp-content/uploads/2016/09/ilustrirani-prikaz-lasera-za-rezanje-metala.jpg> (10.8.2018.)

- T. **Slika 29:** Savijanje u tri točke, izvor: <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-04ebdb995a98895b978fbc074332ccce> (10.8.2018.)